



IPW  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Appl. No. : 10/797,053 Confirmation No. 4691  
Applicant : Keiichi KURAMOTO, et al.  
Filed : March 11, 2004  
TC/A.U. : 2874  
Examiner : Unknown  
Dkt. No. : MAM-039  
Cust. No. : 20374

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

July 2, 2004

Sir:

A claim to priority under 35 U.S.C. §119 was filed in the United States Patent and Trademark Office on March 11, 2004 on the basis of the following prior foreign application.

**Japanese Patent Application No. 2003-065888, filed March 12, 2003**

In support of the claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. § 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

U.S. PATENT APPLN. S.N.10/797,053  
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

In the event any fees are required, please charge our Deposit  
Account No. 111833.

Respectfully submitted,

KUBOVCIK & KUBOVCIK

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Keiko', with a stylized flourish at the end.

Keiko Tanaka Kubovcik  
Reg. No. 40,428

Atty. Case No. MAM-039  
The Farragut Building  
Suite 710  
900 17th Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 887-9023  
Fax: (202) 887-9093  
KTK/jbf/kak

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                    2 0 0 3 年    3 月 1 2 日  
Date of Application:

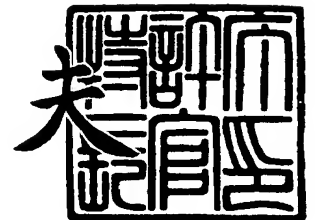
出 願 番 号                    特 願 2 0 0 3 - 0 6 5 8 8 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                    [ J P 2 0 0 3 - 0 6 5 8 8 8 ]

出      願      人                    三 洋 電 機 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    1 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 1 7 9 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPA1020045

【提出日】 平成15年 3月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/13

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会  
社内

【氏名】 蔵本 慶一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会  
社内

【氏名】 伊豆 博昭

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会  
社内

【氏名】 松本 光晴

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会  
社内

【氏名】 中川 洋平

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会  
社内

【氏名】 平野 均

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100095382

【弁理士】

【氏名又は名称】 目次 誠

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100086597

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026402

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光伝搬領域となるコア層と、該コア層の周囲を覆う上部クラッド層及び下部クラッド層と備え、前記上部クラッド層が体積の収縮を伴って形成される光導波路であって、

前記上部クラッド層と前記下部クラッド層が接する領域の少なくとも一部において、前記上部クラッド層と前記下部クラッド層の間に、前記上部クラッド層の体積収縮に伴い発生する応力を緩和する応力緩和層が設けられていることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 前記上部クラッド層が有機無機複合体から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路。

【請求項 3】 前記応力緩和層が、前記上部クラッド層の材料より貯蔵弾性率の小さい材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光導波路。

【請求項 4】 前記応力緩和層の貯蔵弾性率が、 $30^{\circ}\text{C}$ において  $100000\text{ kgf/cm}^2$  以下であることを特徴とする請求項 3 に記載の光導波路。

【請求項 5】 前記応力緩和層が有機無機複合体から形成されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 6】 前記コア層及び／または前記下部クラッド層が、有機無機複合体から形成されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 7】 前記有機無機複合体が、有機重合体と金属アルコキシドから形成されていることを特徴とする請求項 2、5 または 6 に記載の光導波路。

【請求項 8】 前記有機無機複合体が、少なくとも 1 種の金属アルコキシドから形成されていることを特徴とする請求項 2、5 または 6 に記載の光導波路。

【請求項 9】 光または熱により重合する重合性基を有する金属アルコキシドが用いられていることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光導波路。

【請求項 10】 光または熱により重合する重合性基を有する金属アルコキ

シドと、該重合性基を有しない金属アルコキシドが用いられていることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光導波路。

【請求項 11】 前記重合性基が、メタクリロキシ基、アクリロキシ基、またはスチリル基であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の光導波路。

【請求項 12】 前記金属アルコキシドが、前記重合性基の反応により重合していることを特徴とする請求項 9 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 13】 前記下部クラッド層が基板であることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 14】 前記下部クラッド層が基板の上に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 15】 前記上部クラッド層の上に上部基板が設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 16】 前記上部クラッド層が、複数の層を積層することにより形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 17】 前記コア層の厚みを  $H$ 、前記応力緩和層の厚みを  $t$  とすると、前記応力緩和層の厚み  $t$  が、 $0.05 \mu\text{m} \leq t \leq 0.25 H$  を満足する範囲内であることを特徴する請求項 1 ～ 16 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 18】 前記応力緩和層が、前記コア層の材料より屈折率が低い材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 19】 前記応力緩和層が、前記コア層と同じ材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 17 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 20】 前記応力緩和層が、前記コア層と一体化して形成されていることを特徴とする請求項 19 に記載の光導波路。

【請求項 21】 前記コア層近傍の前記応力緩和層に、コア層と応力緩和層を分離する溝が形成されており、該溝に応力緩和層の材料より低い屈折率を有する材料が充填されていることを特徴とする請求項 19 また 20 に記載の光導波路。

【請求項 22】 前記溝が前記下部クラッド層にも形成されていることを特徴とする請求項 21 に記載の光導波路。

【請求項 23】 前記溝が前記下部クラッド層を通り前記基板に到達するように形成されていることを特徴とする請求項 22 に記載の光導波路。

【請求項 24】 前記溝内を充填する材料が、前記上部クラッド層と同じ材料から形成されていることを特徴とする請求項 21～23 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 25】 前記上部クラッド層を形成する際に、前記溝内を充填することを特徴とする請求項 24 に記載の光導波路。

【請求項 26】 前記上部クラッド層の上に前記上部基板が設けられており、該溝が前記上部基板及び前記上部クラッド層にも形成されていることを特徴とする請求項 21～24 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 27】 前記応力緩和層と前記上部クラッド層の界面に凹凸が形成されていることを特徴とする請求項 19 または 20 に記載の光導波路。

【請求項 28】 前記応力緩和層に光吸収及び／または散乱成分が含有されていることを特徴とする請求項 19、20 または 27 に記載の光導波路。

【請求項 29】 前記光吸収及び／または散乱成分が炭素粒子であることを特徴とする請求項 28 に記載の光導波路。

【請求項 30】 光が入射及び／または出射する前記コア層の端面が、透明な材料からなる保護層によって覆われていることを特徴とする請求項 1～29 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 31】 前記保護層が、前記コア層の屈折率よりも高くない材料から形成されていることを特徴とする請求項 30 に記載の光導波路。

【請求項 32】 前記保護層が、前記上部クラッド層と同じ材料から形成されていることを特徴とする請求項 30 または 31 に記載の光導波路。

【請求項 33】 前記保護層が、前記上部クラッド層と一体化して形成されていることを特徴とする請求項 32 に記載の光導波路。

【請求項 34】 前記コア層の角部が丸みを帯びた形状であることを特徴とする請求項 1～33 のいずれか 1 項に記載の光導波路。



【請求項 35】 請求項 1～34 のいずれか 1 項に記載の光導波路を、光信号の送信及び／または受信のための媒体として用いたことを特徴とする光通信デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光集積回路、光スイッチ、分配器、光送受信モジュール等に用いることができる光導波路及び該光導波路を用いた光通信デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、インターネットのブロードバンド化が進む中で、F T T H などのアクセスを普及するためには、光通信デバイスの大幅な低コストが必要である。光通信デバイスとして、光を電気信号に変換する光送受信モジュールが光通信機器の末端に用いられる。この光送受信モジュールの小型化及び低コスト化を図るために、モジュール内の部品である光導波路を有機高分子材料で形成する方法が提案されている（非特許文献 1）。

【0003】

例えば、基板上に下部クラッド層を形成し、この下部クラッド層の上に、有機高分子材料からなる光伝搬層を形成している。この光伝搬層は、フォトリソグラフィを用い、R I E や U V 照射によりパターンを形成して、不要な部分を除去している。このようにして形成した光伝搬層の上に上部クラッド層が形成される。多くの場合、下部クラッド層及び上部クラッド層も有機高分子材料から形成される。

【0004】

【非特許文献 1】

宮寺信生、光導波路用ポリマ材料、光アライアンス、p13、2、(1999)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、光導波路の上部クラッド層を有機無機複合体や、樹脂材料等の硬化時に体積収縮を伴う材料から形成する場合、上部クラッド層を形成する際に体積の収縮を伴うため、下部クラッド層においてクラックや剥離等が発生し易いという問題があった。

#### 【0006】

本発明の目的は、下部クラッド層及び上部クラッド層におけるクラックや剥離の発生を有効に防止することができる光導波路の新規な構造及び該光導波路を用いた光通信デバイスを提供することにある。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の光導波路は、光伝搬領域となるコア層と、該コア層の周囲を覆う上部クラッド層及び下部クラッド層と備え、上部クラッド層が体積の収縮を伴って形成される光導波路であって、上部クラッド層と下部クラッド層が接する領域の少なくとも一部において、上部クラッド層と下部クラッド層の間に、上部クラッド層の体積収縮に伴い発生する応力を緩和する応力緩和層が設けられていることを特徴としている。

#### 【0008】

本発明に従い、上部クラッド層と下部クラッド層の間に応力緩和層を設けることにより、上部クラッド層形成の際の体積収縮による応力を、応力緩和層によって緩和することができる。このため、下部クラッド層及び上部クラッド層において、クラックや剥離等が発生するのを有効に防止することができる。

#### 【0009】

本発明における応力緩和層は、上部クラッド層の材料より貯蔵弾性率が小さい材料から形成されていることが好ましい。一般に高分子材料に正弦的に変化する応力を与えると、歪みは同じ周波数で位相が $\delta$ だけ遅れた正弦波形となる。貯蔵弾性率は、1周期あたり貯蔵され完全に回復されるエネルギーの尺度であり、動的粘弾性測定装置により測定することができる。

#### 【0010】

上部クラッド層が有機無機複合体から形成される場合には、応力緩和層の貯蔵

弾性率は、 $30^{\circ}\text{C}$ で $100000\text{ kgf/cm}^2$ 以下であることが好ましく、さらに好ましくは $50000\text{ kgf/cm}^2$ 以下である。また、応力緩和層も有機無機複合体から形成することができる。応力緩和層の貯蔵弾性率の下限値は特に限定されるものではないが、一般に $30^{\circ}\text{C}$ で $10000\text{ kgf/cm}^2$ 以上であることが好ましい。なお以下では、貯蔵弾性率は全て $30^{\circ}\text{C}$ での貯蔵弾性率である。

#### 【0011】

本発明において、コア層及び／または下部クラッド層は、有機無機複合体から形成されてもよい。

本発明において、有機無機複合体は、例えば、有機重合体と金属アルコキシドから形成することができる。また、有機無機複合体は、少なくとも1種の金属アルコキシドから形成されてもよい。この場合、少なくとも2種の金属アルコキシドから形成されることが好ましい。

#### 【0012】

上記有機無機複合体においては、有機重合体と金属アルコキシドの組み合わせまたは少なくとも2種の金属アルコキシドの組み合わせを適宜調整することにより、最終的に形成される有機無機複合体の屈折率を調整することができる。

#### 【0013】

金属アルコキシドとしては、光または熱により重合する重合性基を有する金属アルコキシドを用いてもよい。この場合、光または熱により重合する重合性基を有する金属アルコキシドと、該重合性基を有しない金属アルコキシドを組み合わせ用いることが好ましい。上記重合性基としては、メタクリロキシ基、アクリロキシ基、及びスチリル基などが挙げられる。

#### 【0014】

重合性基を有する金属アルコキシドを用いる場合には、光または熱により金属アルコキシドの重合性基が重合されていることが好ましい。

金属アルコキシドとしては、Si、Ti、Zr、Al、Sn、Znなどのアルコキシドが挙げられる。特に、Si、Ti、またはZrのアルコキシドが好ましく用いられる。従って、アルコキシシラン、チタンアルコキシド、ジルコニウム

アルコキシドが好ましく用いられ、特にアルコキシシランが好ましく用いられる。

#### 【0015】

アルコキシシランとしては、テトラエトキシシラン、テトラメトキシシラン、テトラ-*n*-プロポキシシラン、テトライソプロポキシシラン、テトラ-*n*-ブトキシシラン、テトライソブトキシシラン、フェニルトリエトキシシラン (PhTES)、フェニルトリメトキシシラン (PhTMS) などが挙げられる。

#### 【0016】

上記重合性基を有するアルコキシシランとしては、3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン (MPTES)、3-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン (MPTMS)、3-メタクリロキシプロピルメチルジメトキシシラン、3-アクリロキシプロピルトリメトキシシラン、*p*-スチリルトリエトキシシラン、*p*-スチリルトリメトキシシランなどが挙げられる。

#### 【0017】

チタンアルコキシドとしては、チタンイソプロポキシド、チタンブトキシド等が挙げられる。ジルコニウムアルコキシドとしては、ジルコニウムイソプロポキシド、ジルコニウムブトキシド等が挙げられる。

#### 【0018】

金属アルコキシドとしては、上述のものをを用いることができるが、一般には、式  $M(OR)_n$ 、 $R'M(OR)_{n-1}$ 、及び  $R'_2M(OR)_{n-2}$  (ここで、*M* は金属、*n* は 2、3、4、または 5、*R* 及び *R'* は有機基を示す) で表わされる金属アルコキシドを用いることができる。有機基としては、アルキル基、アリール基、上記の重合性基を有する有機基などが挙げられる。*M* としては、上述のように、Si、Ti、Zr、Al、Sn、Zn 等が挙げられる。なお、アルキル基としては、炭素数 1～5 のアルキル基が好ましい。

#### 【0019】

有機無機複合体を有機重合体と金属アルコキシドから形成する場合における、有機重合体は、金属アルコキシドと有機無機複合体を形成し得るものであれば特に限定されるものではない。有機重合体としては、例えば、カルボニル基を有す

る高分子重合体、ベンゼン環を有する高分子重合体、及びナフタレン環を有する高分子重合体を挙げることができる。

#### 【0020】

有機重合体の具体例としては、例えばポリビニルピロリドン、ポリカーボネート、ポリメタクリル酸メチル、ポリアミド、ポリイミド、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロレン、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂等を挙げることができる。光学的透明性に優れた有機無機複合体を形成する観点からは、ポリビニルピロリドン、ポリカーボネート、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、エポキシ樹脂、及びこれらの混合物が好ましく用いられる。

#### 【0021】

本発明において、応力緩和層、上部クラッド層及びその他の層を有機無機複合体から形成する場合における各層の貯蔵弾性率は、それぞれの層を形成するための溶液を用いてそれぞれの層を形成する条件で貯蔵弾性率測定のためのサンプルを作製し、このサンプルについて貯蔵弾性率を測定することにより求めることができる。

#### 【0022】

有機無機複合体は、原料溶液を塗布した後、これを加熱乾燥して形成することができる。重合性基を有する金属アルコキシドを用いた場合には、必要に応じて加熱または光照射により重合させて硬化させることができる。

#### 【0023】

本発明において、下部クラッド層は、コア層より低い屈折率を有する基板であってもよい。

また、本発明において、下部クラッド層は、基板の上に形成されたものであってもよい。また、上部クラッド層の上に、上部基板が設けられていてもよい。

#### 【0024】

本発明において、上部クラッド層は、複数の層を積層することにより形成されていてもよい。この場合、複数の層は同じ材料から形成された層であってもよい。すなわち、上部クラッド層は、複数回に分けて塗布されて形成されたものであ

ってもよい。複数回に分けて塗布することにより、上部クラッド層形成の際の収縮により、上部クラッド層にクラックが発生したり、上部クラッド層が剥離したりするのを防止することができる。

#### 【0025】

また、本発明において、コア層の厚みを $H$ 、応力緩和層の厚みを $t$ としたとき、応力緩和層の厚み $t$ は、 $0.05\mu\text{m} \leq t \leq 0.25H$ を満足する範囲内であることが好ましい。応力緩和層の厚みが $0.05\mu\text{m}$ より薄くなると、クラックや剥離の発生を低減するという本発明の効果が充分に得られない場合がある。また、応力緩和層の厚みが $0.25H$ より大きくなると、応力緩和層からの光の漏れが生じる場合には、その程度が大きくなるおそれがある。応力緩和層のさらに好ましい厚みは、 $0.1\mu\text{m} \leq t \leq 10\mu\text{m}$ である。

#### 【0026】

本発明において、応力緩和層は、コア層の材料より高くない屈折率（すなわち、等しいかまたは低い屈折率）を有する材料から形成されていることが好ましい。特にコア層の材料より低い屈折率を有する材料から形成することにより、応力緩和層からの光の漏れを有効に防止することができる。

#### 【0027】

また、本発明において、応力緩和層は、コア層と同じ材料から形成されいてもよい。応力緩和層をコア層と同じ材料から形成することにより、応力緩和層をコア層の形成と同時に形成することが可能となり、製造工程を簡略化することができる。この場合、応力緩和層は、コア層と一体化して形成される。

#### 【0028】

しかしながら、応力緩和層をコア層と同じ材料から形成すると、光が応力緩和層から外部に漏れるおそれが生じる。このような場合、コア層近傍の応力緩和層に、コア層と応力緩和層を分離する溝を形成し、この溝に応力緩和層の材料より低い屈折率を有する材料を充填することが好ましい。このような溝を形成することにより、応力緩和層をコア層から分離することができるので、応力緩和層からの光の漏れを防止することができる。

#### 【0029】

上記溝は、下部クラッド層に形成されていてもよい。さらに、下部クラッド層を通り、基板に到達するように形成されていてもよい。このように、溝を下部クラッド層、さらには基板に到達するように形成し、溝内に各層との密着性が良好な材料を充填することにより、各層間の密着性を高めることができる。

#### 【0030】

上記溝内を充填する材料としては、上部クラッド層と同じ材料が好ましく用いられるが、上部クラッド層と同じ材料を用いる場合には、上部クラッド層を形成する際に、溝内をこの材料で充填して同時に形成することができる。

#### 【0031】

上部クラッド層の上に上部基板が設けられる場合、上記溝は、上部基板及び上部クラッド層に形成されてもよい。

また、応力緩和層からの光の漏れを防ぐ方法として、応力緩和層と上部クラッド層の界面に凹凸を形成してもよい。このような凹凸としては、表面粗さ  $R_{\max}$   $0.02 \sim 10 \mu\text{m}$  の範囲に相当する凹凸を例示することができる。

#### 【0032】

また、応力緩和層からの光の漏れが迷光となり、ノイズ発生等の悪影響が発生するのを軽減する方法として、応力緩和層に光吸収または散乱成分を含有させてもよい。このような光吸収または散乱成分としては、炭素粒子、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 等の酸化物、 $\text{TiN}$ 、 $\text{ZrN}$ 等の窒化物などが挙げられる。

#### 【0033】

本発明において、光が入射及び／または出射するコア層の端面は、透明な材料からなる保護層によって覆われていることが好ましい。このような保護層の形成により、コア層内への水分の侵入や汚染物質の付着等を防止することができる。

#### 【0034】

保護層は、コア層の屈折率よりも高くない材料から形成されていることが好ましい。一般に界面での屈折率差が大きいほど反射による損失が大きくなる。従って、このような保護層を形成することにより、光がコア層に入射する際の反射による損失を低減することができる。

#### 【0035】

保護層は、上部クラッド層と同じ材料から形成されていることが好ましい。保護層を上部クラッド層と同じ材料から形成することにより、保護層を上部クラッド層の形成と同時に形成することができ、保護層を上部クラッド層と一体化して形成することができる。

#### 【0036】

本発明において、コア層の角部は、丸みを帯びた形状であることが好ましい。角部を丸みを帯びた形状にすることにより、コア層を形成する際にコア層の角部が欠損するのを防止することができる。

#### 【0037】

本発明の光通信デバイスは、上記本発明の光導波路を光信号の送信及び／または受信の媒体として用いたことを特徴としている。

#### 【0038】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施例により説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することが可能なものである。

#### 【0039】

図1は、本発明に従う一実施例の光導波路を示す断面図である。図1に示すように、基板1の上には、下部クラッド層2が形成されている。下部クラッド層2の中心部の上には、光伝搬領域となるコア層3が形成されている。コア層3の上には、上部クラッド層4が設けられている。下部クラッド層2及び上部クラッド層4は、コア層3よりも低い屈折率を有する材料から形成されている。コア層3は、上部クラッド層4及び下部クラッド層2によりその周囲を覆われることにより、その内部において光を伝搬させることができる。

#### 【0040】

コア層3が設けられていない領域において、上部クラッド層4と下部クラッド層2との間には、応力緩和層5が設けられている。応力緩和層5は、上部クラッド層4の材料より貯蔵弾性率が小さい材料から形成されている。従って、上部クラッド層4を形成する際に発生する、上部クラッド層4の体積収縮による応力は



、応力緩和層 5 によって緩和することができる。このため、下部クラッド層 2 におけるクラックや剥離の発生並びに上部クラッド層 4 におけるクラックや剥離の発生を有効に防止することができる。

#### 【0041】

応力緩和層 5 の厚みは、 $0.05\mu\text{m}$  以上であることが好ましく、コア層 3 の厚みの  $1/4$  以下であることが好ましい。さらに好ましくは、 $0.1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$  の範囲内である。

#### 【0042】

本実施例においては、下部クラッド層 2、コア層 3、上部クラッド層 4、及び応力緩和層 5 は、いずれも有機無機複合体から形成されている。基板 1 は、ガラス基板から形成されている。

#### 【0043】

図 2 は、本発明に従う他の実施例の光導波路を示す断面図である。図 2 に示す実施例においては、基板が、コア層 3 よりも低い屈折率を有しており、基板が下部クラッド層 2 を構成している。このような下部クラッド層 2 として用いることができる基板としては、例えば石英、テンパックスガラス、パイレックス（登録商標）ガラス等が挙げられる。

#### 【0044】

図 3 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。本実施例においては、応力緩和層 5 が、コア層 3 と同じ材料から形成されている。従って、応力緩和層 5 は、コア層 3 と一体的に形成されている。

#### 【0045】

応力緩和層 5 は、上部クラッド層の材料よりも貯蔵弾性率が小さい材料から形成されている。しかしながら、コア層 3 と同じ材料から形成されているので、屈折率はコア層 3 と同一である。

#### 【0046】

本実施例では、応力緩和層 5 をコア層 3 と同じ材料から形成しているので、コア層 3 を形成する際に、応力緩和層 5 を同時に形成することができる。従って、製造工程を簡略化することができる。しかしながら、コア層 3 と同じ材料から形

成しているので、屈折率が同じであり、コア層 3 を伝搬する光が応力緩和層 5 から外部に漏れるおそれがある。このような光の漏れは、後述する種々の方法により抑制することができる。

#### 【0047】

図 4 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。図 4 に示す実施例においては、下部クラッド層 2 が基板から形成されている。その他については図 3 に示す実施例と同様である。

#### 【0048】

図 5 は、本発明におけるコア層の断面形状の例を示す図である。図 5 (a) ~ (d) に示すコア層 3 は、角部がない形状、あるいは角部が丸みを帯びた形状を有している。このため、コア層形成の際、欠け等が生じにくい。

#### 【0049】

図 6 及び図 7 は、図 3 に示す実施例の光導波路の製造工程を示す断面図である。

図 6 (a) に示すように、ガラス基板 1 の上に、有機無機複合体からなる下部クラッド層 2 を形成する。

#### 【0050】

次に、図 6 (b) に示すように、下部クラッド層 2 の上に、有機無機複合体からなるコア層 3 を形成する。コア層 3 の有機無機複合体としては、熱可塑性を有する有機無機複合体を形成する。このような熱可塑性を有する有機無機複合体は、例えば、熱可塑性樹脂と金属アルコキシドを含む溶液から形成することができる。コア層 3 を加熱し、軟化させた状態とし、次に図 6 (c) に示すように、軟化したコア層 3 の上に、型 10 を押し当てる。型 10 には、凹部 10 a が形成されており、この凹部 10 a の形状に合わせてコア層 3 が形成される。また、凹部 10 a の周辺部分においては、応力緩和層 5 が形成される。なお、本実施例において型 10 はガラスから形成されている。

#### 【0051】

次に、図 7 (d) に示すように、型 10 を取り外し、図 7 (e) に示すように、コア層 3 及び応力緩和層 5 の上に、有機無機複合体からなる上部クラッド層 4

を形成する。

#### 【0052】

図8は、以上のようにして作製した光導波路の端部を切断する状態を示す側面図である。図8に示すように、光導波路の端部をダイシングソー11により切断し、良好な端面を露出させることができる。

#### 【0053】

図9は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。図9に示す実施例は、図1に示す実施例と同様に、基板1上に下部クラッド層2が形成されており、応力緩和層5は、コア層3と異なる材料から形成されている。

#### 【0054】

図10は、図9に示す実施例の製造工程を示す断面図である。

図10(a)に示すように、基板1の上に下部クラッド層2を形成する。次に、図10(b)に示すように、下部クラッド層2の上にコア層3を形成する。コア層3は、下部クラッド層2の全面上にコア層3を形成した後、フォトリソグラフィとエッチングを用いて、図10(b)に示すようにパターンニングして形成する。

#### 【0055】

次に、図10(c)に示すように、コア層3の上にマスク12を設け、コア層以外の部分に応力緩和層5を形成する。マスク12を除去した後、応力緩和層5及びコア層3の上に上部クラッド層を形成することにより、図9に示す光導波路を形成することができる。

#### 【0056】

図11は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。図11に示す実施例においては、下部クラッド層2に凹部2aが形成され、この凹部2a内にコア層3が形成されている。また、応力緩和層5は、コア層3と同じ材料から形成されている。

#### 【0057】

図12及び図13は、図11に示す実施例の製造工程を示す図である。

図12(a)に示すように、基板1の上に下部クラッド層2を形成する。下部

クラッド層 2 は、熱可塑性を有する有機無機複合体から形成する。下部クラッド層 2 を加熱して軟化させ、下方に突出した凸部 13 a を有する型 13 を、軟化した状態の下部クラッド層 2 に押し当てる。

#### 【0058】

図 12 (b) に示すように、型 13 の凸部 13 a により下部クラッド層 2 に凹部 2 a が形成される。

次に、図 13 (c) に示すように、型 13 を取り外し、図 13 (d) に示すように下部クラッド層 2 の上にコア層 3 を形成する。凹部 2 a に埋め込まれて、コア層 3 が形成されるとともに、その周辺の領域には、応力緩和層 5 が形成される。

#### 【0059】

次に、応力緩和層 5 及びコア層 3 の上に上部クラッド層を形成することにより、図 11 に示す実施例の光導波路を作製することができる。

以下の実施例において使用する、各層の有機無機複合体を形成するための溶液は、以下の通りである。

#### 【0060】

〔クラッド層形成用溶液〕

3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン (MPTES) 13.2 g、エタノール 16.8 g、塩酸 (2N) 1.6 g、及びフェニルトリエトキシシラン (PhTES) 2.4 g を混合し、30℃で45時間放置して、溶液Aを作製した。この溶液Aは、下部クラッド層及び上部クラッド層の形成に用いた。

#### 【0061】

〔コア層 (応力緩和層) 形成用溶液〕

PhTES 39.6 g、塩酸 (0.05N) 5.9 g、及びN-メチル-2-ピロリドン (NMP) 53.6 g を混合し、30℃で19時間放置した。この溶液 19.1 g と、NMP 82.5 g にポリメタクリル酸メチル (PMMA) 17.5 g を溶解した溶液 10.9 g とを30分間混合して、溶液Bを作製した。この溶液Bを用いて、コア層及び (コア層と同じ材料で形成する場合の) 応力緩和層を形成した。

## 【0062】

〔応力緩和層形成用溶液〕

PhTES 39.6 g、塩酸 (0.05N) 5.9 g、及びNMP 53.6 gを混合し、30℃で19時間放置して溶液を作製した。この溶液 3.3 gと、NMP 82.5 gにPMMA 17.5 gを溶解した溶液 16.7 gとを30分間混合し、溶液Cを作製した。この溶液Cを用いて、応力緩和層を形成した。

## 【0063】

上記溶液A、B及びCから作製した有機無機複合体の屈折率及び貯蔵弾性率は、以下の通りである。

溶液A：屈折率約 1.50、貯蔵弾性率約 27000 kgf/cm<sup>2</sup>

溶液B：屈折率約 1.54、貯蔵弾性率約 22000 kgf/cm<sup>2</sup>

溶液C：屈折率約 1.50、貯蔵弾性率約 20000 kgf/cm<sup>2</sup>

## 【0064】

<実施例1>

図3に示す実施例の光導波路を以下のようにして作製した。

図6(a)に示すように、直径76mm、厚み1mmのガラスからなる基板1の上に、溶液Aをスピコートし、塗布後、加熱炉を用いて180℃で20分間加熱することにより塗膜を硬化させ、厚み約5μmの下部クラッド層2を形成した。上記加熱により、MPTESのメタクリロキシ基を重合させている。

## 【0065】

次に、図6(b)に示すように、下部クラッド層2の上に、溶液Bを滴下し、120℃で5時間乾燥することにより、溶媒を除去し、厚み約50μmのコア層3を形成した。

## 【0066】

次に、コア層3を140℃に加熱し、軟化させた後、図6(c)に示すように、ガラス製の型10を押し付けて、型10の形状をコア層3に転写した。型10の凹部10aの幅は100μmであり、深さは40μmであり、角部の曲率半径は10μmであった。

## 【0067】

以上のようにして、コア層 3 及び応力緩和層 5 を同時に形成した。応力緩和層 5 の厚みは約  $10\ \mu\text{m}$  であった。また、コア層 3 の厚みは約  $50\ \mu\text{m}$  であった。

次に、図 7 (d) に示すように、型 10 を取り外した後、図 7 (e) に示すように、上部クラッド層 4 (応力緩和層 5 の上面から上部クラッド層 4 の上面までの厚み約  $60\ \mu\text{m}$ ) を形成した。上部クラッド層 4 は、溶液 A を  $120^\circ\text{C}$  で 20 分間加熱し溶媒 (エタノール) を除去して粘度の高い溶液とした後、これをコア層 3 及び応力緩和層 5 の上に滴下した後、中心波長  $365\ \text{nm}$ 、強度  $200\ \text{mW}/\text{cm}^2$  (距離  $10\ \text{mm}$ ) の紫外線照射装置で、紫外線を約 30 分間照射することにより硬化させて形成した。

#### 【0068】

なお、上部クラッド層 4 を形成する際には、2 回にわけて形成した。すなわち、上部クラッド層 4 の形成に必要な量の半分をまず塗布し、紫外線を照射した後、残りの半分の溶液をこの上に塗布し紫外線を照射して硬化した。このように複数回に分けて上部クラッド層を形成することにより、上部クラッド層にクラックや剥離等が発生するのを防止することができる。なお、以下の実施例においては、同様に 2 回に分けて上部クラッド層を形成している。

#### 【0069】

なお、下部クラッド層 2 及び上部クラッド層 4 の有機無機複合体において、MPTES のメタクリロキシ基は重合している。下部クラッド層 2 においては、熱により重合しており、上部クラッド層 4 においては紫外線照射により重合している。

#### 【0070】

上部クラッド層 4 を紫外線照射により硬化したのは、重合のために加熱しようとする、コア層 3 及び応力緩和層 5 が熱可塑性を有するので変形するおそれがあるからである。従って、コア層 3 及び応力緩和層 5 が熱により変形するのを避けるため、上部クラッド層 4 を紫外線照射により硬化させている。

#### 【0071】

〔応力緩和効果の評価〕

応力緩和層による応力緩和効果を評価するため、ガラス基板上に、溶液 A を用

いて下部クラッド層（厚み約  $5\ \mu\text{m}$ ）を形成し、その上に溶液 B を用いて応力緩和層（厚み約  $10\ \mu\text{m}$ ）を形成し、その上に溶液 A を用いて上部クラッド層（厚み約  $60\ \mu\text{m}$ ）を形成し、サンプルを作製した。このサンプルを 50 個作製し、光学顕微鏡で観察を行った結果、3 個のサンプルにおいて上部クラッド層と下部クラッド層の剥離が認められた。

#### 【0072】

これに対し、比較のため、基板上に下部クラッド層及び上部クラッド層を形成したサンプルを作製した。このサンプルにおいては、上部クラッド層と下部クラッド層との間に応力緩和層は形成されていない。このサンプルを 50 個作製し、光学顕微鏡で観察したところ、11 個のサンプルにおいて上部クラッド層と下部クラッド層の剥離が認められた。

#### 【0073】

以上の結果から、応力緩和層を上部クラッド層と下部クラッド層の間に設けることにより、上部クラッド層形成の際の応力を緩和することができ、クラックや剥離の発生を防止できることがわかる。

#### 【0074】

##### 〔耐水性試験〕

上記の同様に、上部クラッド層と下部クラッド層の間に応力緩和層を形成したサンプルを 50 個作製し、これらのサンプルを  $23^{\circ}\text{C}$  の水に 24 時間浸漬させた。この結果、5 個のサンプルにおいて上部クラッド層及び下部クラッド層の剥離が認められた。これに対し、上記と同様に応力緩和層を設けていない比較のサンプルを 50 個作製し、同様の耐水性試験を行った結果、20 個のサンプルにおいて上部クラッド層と下部クラッド層との剥離が認められた。

#### 【0075】

以上のことから、上部クラッド層と下部クラッド層との間に応力緩和層を設けることにより、耐水性が高められることがわかる。

#### 【0076】

##### <実施例 2>

図 9 に示す実施例の光導波路を作製した。

図10(a)に示すように、直径76mm、厚み1mmのガラス基板1の上に、溶液Aを用いてスピコートし、加熱炉を用いて180℃で20分間加熱して厚み約2 $\mu$ mの下部クラッド層2を形成した。

#### 【0077】

次に、下部クラッド層2の上に、溶液Bを滴下して塗布し、120℃で5時間乾燥することにより、溶媒を除去し、厚み約50 $\mu$ mのコア層3を形成した。このコア層3をフォトリソグラフィー法とエッチング法によりパターンニングして、図10(b)に示す形状のコア層3を形成した。

#### 【0078】

次に、図10(c)に示すように、コア層3の上にマスク12を配置し、溶液Cを滴下して塗布し、120℃で5時間乾燥させて、厚さ約10 $\mu$ mの応力緩和層5を形成した。

#### 【0079】

マスク12を取り除いた後、上記実施例1と同様にして、溶液Aの溶媒を除去して粘性を高めた溶液を滴下して塗布し、その後約30分間紫外線照射することにより、上部クラッド層4（厚み約60 $\mu$ m）を形成した。

#### 【0080】

##### 〔応力緩和効果の評価〕

上記実施例1と同様にして、基板の上に、下部クラッド層、応力緩和層、及び上部クラッド層をこの順で形成したサンプルを50個作製した。なお、ここで応力緩和層は、溶液Cから形成した。実施例1と同様に光学顕微鏡で観察した結果、2個のサンプルで上部クラッド層及び下部クラッド層の剥離が観察された。

#### 【0081】

##### 〔耐水性の評価〕

上記と同様のサンプル50個について、上記実施例1と同様に耐水性試験を行った結果、17個のサンプルで剥離が観察された。

#### 【0082】

以上の結果から、実施例1と同様に本実施例においても、応力緩和層を設けることにより、上部クラッド層形成の際の応力を緩和することができ、剥離の発生



を抑制できることがわかる。また、耐水性についても改善されることがわかる。

#### 【0083】

##### <実施例3>

図11に示す実施例の光導波路を作製した。

図12(a)に示すように、直径76mm、厚み1mmのガラス基板1の上に、溶液Aを滴下し、ガラス製の型13を押し当てながら、加熱炉を用い180℃で20分間加熱することにより下部クラッド層2を硬化させて形成した。型13には、凸部13aが形成されており、凸部13aの幅は100 $\mu$ m、高さは40 $\mu$ m、角部の曲率半径は10 $\mu$ mである。

#### 【0084】

図13(c)に示すように、型13を取り外すことにより、凹部2aを有する下部クラッド層2が形成された。下部クラッド層2の厚みは約70 $\mu$ mである。

次に、下部クラッド層2の上に溶液Bを滴下し、120℃で5時間乾燥することにより溶媒を蒸発させて硬化させた。これにより、凹部2a内にコア層3が形成され、その周囲に応力緩和層5が形成された。

次に、この上に溶液Aを滴下し、紫外線を30分間照射することにより硬化させて、上部クラッド層4（厚み約30 $\mu$ m）を形成した。

#### 【0085】

##### <実施例4>

図14は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。本実施例においては、応力緩和層5と上部クラッド層4の界面5aに凹凸が形成されている。このような凹凸5aを形成することにより、コア層4からの光が応力緩和層5を通り、外部に漏れるのを防止することができる。凹凸5aは、表面粗さ $R_{\max}$ 約1 $\mu$ mに相当する凹凸である。

#### 【0086】

図15(a)に示すように、実施例1と同様にして、基板1の上に、下部クラッド層2及びコア層3を形成する。応力緩和層に相当する領域に凹凸14aが形成され、かつコア層に相当する領域に凹部14bが形成された型14を、図15(b)に示すようにコア層3に押し付ける。凹凸14aは、表面粗さ $R_{\max}$ 約1

$\mu\text{m}$ に相当する凹凸が形成されており、この凹凸が、応力緩和層 5 の表面に転写される。

#### 【0087】

図 15 (c) に示すように、型 14 を取り除くことにより、応力緩和層 5 の表面に凹凸 5-a が形成された状態となる。次に、実施例 1 と同様にこの上部クラッド層を形成することにより、図 14 に示す光導波路が得られる。

#### 【0088】

作製した光導波路における光漏れを、図 18 に示す装置を用いて評価した。図 18 に示す装置においては、コア径約  $7\mu\text{m}$  の光ファイバーが設けられており、その一方端面に波長  $650\text{nm}$  のレーザ光 18 を導入し、他方端面に、光導波路のコア層 3 を配置する。コア層 3 の一方端面に入射したレーザ光は、コア層 3 内を通り、他方端面からスクリーン 17 に出射される。このスクリーン 17 に出射された光のスポットを矢印の方向から観察することにより、光漏れの状態を観察することができる。この結果、本実施例の光導波路の場合、コア層 3 に対応したシャープな光スポットが観察された。これに対し、実施例 1 の光導波路を用いた場合には、光スポットの周りに弱い光が観察された。従って、実施例 1 の場合、応力緩和層から光が漏れていることがわかる。

#### 【0089】

本実施例では、応力緩和層に漏れ出た光が、応力緩和層と上部クラッド層の界面の凹凸により、光導波路の上方に散乱されるため、スクリーンに到達しなかったものと考えられる。

#### 【0090】

##### <実施例 5>

図 16 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。本実施例においては、応力緩和層 5 の上部クラッド層 4 側の界面に、光吸収成分としての炭素粒子 6 が含有されている。

#### 【0091】

図 17 は、図 16 に示す実施例の製造工程を示す断面図である。図 17 (a) に示すように、応力緩和層に対応する部分である型 15 の先端面 15 b の上に炭

素粒子 6 を付着させ、この型 15 を、図 17 (b) に示すように、コア層 3 に押し付ける。これにより、応力緩和層 5 の中に炭素粒子 6 が配置される。また、型 15 の凹部 15 a に対応する領域にコア層 3 が形成される。

#### 【0092】

図 17 (c) に示すように、型 15 を取り除くことにより、応力緩和層 5 の表面に炭素粒子 6 が含有された状態となる。次に、コア層 3 及び応力緩和層 5 の上に上部クラッド層 4 を形成することにより、図 16 に示す実施例の光導波路が作製される。

#### 【0093】

本実施例において、炭素粒子 6 としては、平均粒径約  $1\ \mu\text{m}$  の炭素粉を用いた。

実施例 4 と同様にして、図 18 の装置を用いて本実施例の光導波路について光漏れを評価したところ、スクリーンにシャープな光スポットが観察され、実施例 4 と同様に応力緩和層からの光漏れが防止されることが確認された。これは、応力緩和層中に含有させた炭素粒子により、応力緩和層に漏れ出た光が散乱または吸収され、それによってスクリーンまで到達しなかったものと考えられる。

#### 【0094】

##### <実施例 6>

応力緩和層の厚みを、 $0.02\ \mu\text{m}$ 、 $0.05\ \mu\text{m}$ 、 $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.3\ \mu\text{m}$ 、及び  $10\ \mu\text{m}$  と変化させる以外は、実施例 1 と同様にして光導波路を作製した。それぞれ 50 個の光導波路のサンプルを作製し、光学顕微鏡を用いて観察した結果、応力緩和層の厚みが  $0.02\ \mu\text{m}$  のものでは 18 個のサンプルに、 $0.05\ \mu\text{m}$  のものでは 10 個のサンプルに、 $0.1\ \mu\text{m}$  のものでは 4 個のサンプルに、 $0.3\ \mu\text{m}$  のものでは 3 個のサンプルに、 $10\ \mu\text{m}$  のものでは 3 個のサンプルに、それぞれ上部クラッド層及び下部クラッド層の剥離が観察された。

#### 【0095】

上記の結果から、応力緩和層の厚みとしては、 $0.05\ \mu\text{m}$  以上であることが好ましく、さらに好ましくは、 $0.1\ \mu\text{m}$  以上であることがわかる。

また、コア層の高さが  $40\ \mu\text{m}$  のとき、応力緩和層の厚みが  $10\ \mu\text{m}$  以上にな

ると距離 20 mm のコア層中を光が伝搬する間に、50 % 以上の光が応力緩和層を伝搬し、漏れ出ることがわかった。同様に、コア層の高さが  $80\ \mu\text{m}$  のとき、応力緩和層の厚みが  $20\ \mu\text{m}$  以上になると、50 % 以上の光が漏れ出ることがわかった。

#### 【0096】

以上のことから、応力緩和層の厚み  $t$  は、コア層の高さを  $H$  とすると、 $0.05\ \mu\text{m} \leq t \leq 0.25H$  の範囲内であることが好ましく、さらに好ましくは、 $0.1\ \mu\text{m} \leq t \leq 10\ \mu\text{m}$  であることがわかる。

#### 【0097】

##### <実施例 7>

図 19 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を側方から見た断面図である。図 19 に示すように、コア層 3 の光が入射及び／または出射する端面 3 a の上には、保護層 7 が設けられている。保護層 7 は、上部クラッド層 4 と同じ材料から形成されている。従って、保護層 7 は、上部クラッド層 4 と一体的に形成されている。

#### 【0098】

図 20 は、図 19 に示す実施例と同様に、コア層 3 の端面 3 a の上に、保護層 7 が設けられている。図 20 に示す実施例では、この保護層 7 は、基板 1 の下方にも設けられている。

#### 【0099】

図 19 及び図 20 に示す実施例において、保護層 7 の厚みは約  $50\ \mu\text{m}$  である。端面 3 a を保護層 7 で覆うことにより、光出力が約 3 % 増加した。

保護層 7 を形成することにより、コア層への水分侵入や汚染物質の付着等を防止することができ、これによって光出力特性が向上したものと考えられる。

#### 【0100】

##### <実施例 8>

図 21 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。図 21 に示す実施例においては、コア層 3 近傍の応力緩和層 5 に、コア層 3 と応力緩和層 5 を分離する溝 8 が形成されている。溝 8 内には、上部クラッド層 4 と同

じ材料が充填されている。従って、応力緩和層 5 より低い屈折率を有する材料が溝 8 内に充填されている。このため、コア層 3 内を伝搬する光は溝 8 内の材料により反射される。従って、応力緩和層 5 から光が漏れ出すのを防止することができる。

#### 【0101】

溝 8 は、実施例 1 と同様にしてコア層 3 及び応力緩和層 5 を形成した後、ダイシングソー等を用いて形成することができる。溝 8 を形成した後、実施例 1 と同様にして上部クラッド層 4 を形成することにより、溝 8 内には、上部クラッド層 4 と同じ材料が充填される。

#### 【0102】

なお、本実施例においても、上部クラッド層 4 は複数回に分けて形成することが好ましい。例えば、所定量の半分の溶液 A を塗布し、紫外線を照射し硬化させて溝 8 内を充填させた後、残りの半分の溶液 A を塗布し、紫外線照射し硬化させて形成することが好ましい。なお、以下の実施例においても同様である。

#### 【0103】

##### <実施例 9>

図 22 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。

本実施例は、図 11 に示す実施例において、コア層 3 近傍の応力緩和層 5 にコア層 3 と応力緩和層 5 を分離する溝 8 を形成し、この溝 8 に上部クラッド層 4 と同じ材料を充填したものである。実施例 8 と同様に、このような溝 8 を形成することにより、コア層 3 からの光の漏れを防止することができる。

#### 【0104】

溝 8 は、コア層 3 及び応力緩和層 5 を形成した後、ダイシングソーを用いて形成することができる。溝 8 を形成した後、上部クラッド層 4 を形成することにより、溝 8 内に上部クラッド層 4 と同じ材料を充填することができる。

#### 【0105】

##### <実施例 10>

図 23 は、本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図である。

本実施例は、図 21 に示す実施例 8 において、上部クラッド層 4 の上に上部基

板 9 が設けられている点において異なっている。上部基板 9 としては、例えばガラス基板を用いることができる。その他は、図 21 に示す実施例 8 と同様である。

#### 【0106】

##### <実施例 11>

本実施例においては、図 22 に示す実施例 9 において、上部クラッド層 4 の上に上部基板 9 が設けられている実施例である。その他は、実施例 9 と同様である。

#### 【0107】

##### <実施例 12>

図 25 は、本発明に従うさらに他の光導波路を示す断面図である。

本実施例においては、溝 8 が、上部クラッド層 4 及び上部基板 9 にも形成されている。溝 8 内には、上部クラッド層 4 と同じ材料 19 が充填されている。

#### 【0108】

本実施例においては、上部クラッド層 4 の上に、上部基板 9 を設け、その後、ダイシングソーを用いて溝 8 を形成し、形成した溝 8 内に上部クラッド層 4 と同じ材料 19 を充填することにより形成することができる。

#### 【0109】

本実施例においても、上記実施例と同様にコア層 3 からの光の漏れを防止することができる。

#### 【0110】

##### <実施例 13>

図 26 は、本発明に従うさらに他の実施例を示す断面図である。

本実施例においては、上部クラッド層 4 及び上部基板 9 にも溝 8 が形成されている。図 25 に示す実施例 12 と同様に、上部クラッド層 4 の上に上部基板 9 を設けた後、ダイシングソーを用いて溝 8 を形成し、この溝 8 に、上部クラッド層 4 と同じ材料 19 を充填することにより形成することができる。

#### 【0111】

本実施例においても、溝 8 を形成することにより、コア層 3 からの光の漏れを

防止することができる。

上記の実施例 8～13 においては、溝 8 内に充填する材料として、上部クラッド層 4 と同じ材料を例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、応力緩和層 5 の材料より低い屈折率を有するものであれば、その他の材料を用いてもよい。

#### 【0112】

上記の各実施例においては、コア層を加熱により軟化させた状態で、型を押し当てて成形しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、粘性を有する液体を塗布し、これに型を押し当てた状態で紫外線照射等により硬化させて所定の形状にコア層を成形してもよい。例えば、MP TMS 3.6 g、エタノール 16.8 g、塩酸 (2 N) 1.6 g、Ph TES 11.7 g を混合した溶液を調製し、この溶液を 30℃ で 45 時間放置した後、120℃ で 20 分間加熱して溶媒を除去することにより粘性の高い液体とし、この液体を用いて、上記のように型を押し当てた状態で紫外線を照射し、所定の形状に成形してもよい。

#### 【0113】

また、上記実施例においては、光導波路の各層を有機無機複合体から形成しているが、これらの層の内のいずれかを有機無機複合体から形成したような光導波路であってもよいし、各層を有機無機複合体以外の材料から形成してもよい。

#### 【0114】

##### <実施例 14>

図 27 は、本発明の光通信デバイスとしての光送受信モジュールを用いた光伝送系を示す斜視図である。光ファイバー 26 の両端に、光送受信モジュール 20 及び 23 が接続されている。光送受信モジュール 20 及び 23 には、それぞれ実施例 1 の光導波路から形成した Y 分岐光導波路 27 及び 28 が設けられている。Y 分岐光導波路 27 及び 28 の先端には、光ファイバー 26 の端部が接続されており、Y 分岐光導波路 27 及び 28 の分岐端には、それぞれレーザダイオード 21 及び 24 並びにフォトダイオード 22 及び 25 が接続されている。光ファイバー 26 としては、コア径が 50  $\mu$ m のガラス製マルチモード光ファイバーを用いている。

**【0 1 1 5】**

光送受信モジュール 2 0 のレーザダイオード 2 1 から 1 0 0 k H z のパルス波を入射したところ、光送受信モジュール 2 3 のフォトダイオード 2 5 からパルス波を再現することができた。また、レーザダイオード 2 4 からの信号も、フォトダイオード 2 2 で受信することができた。従って、光送受信モジュールとして機能することが確認された。

**【0 1 1 6】****【発明の効果】**

本発明によれば、上部クラッド層形成の際の体積収縮に伴う応力を、応力緩和層によって緩和することができるので、下部クラッド層及び上部クラッド層におけるクラックや剥離の発生を有効に防止することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明に従う一実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 2】**

本発明に従う他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 3】**

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 4】**

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 5】**

本発明におけるコア層の断面形状の例を示す図。

**【図 6】**

図 3 に示す実施例の製造工程を示す図。

**【図 7】**

図 3 に示す実施例の製造工程を示す図。

**【図 8】**

図 3 に示す実施例の製造工程を示す図。

**【図 9】**



本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 1 0】

図 9 に示す実施例の製造工程を示す断面図。

【図 1 1】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 1 2】

図 1 1 に示す実施例の製造工程を示す図。

【図 1 3】

図 1 1 に示す実施例の製造工程を示す図。

【図 1 4】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 1 5】

図 1 4 に示す実施例の製造工程を示す断面図。

【図 1 6】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 1 7】

図 1 6 に示す実施例の製造工程を示す断面図。

【図 1 8】

本発明における実施例の光導波路の光伝搬試験を行う装置を示す模式図。

【図 1 9】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す側方断面図。

【図 2 0】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す側方断面図。

【図 2 1】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 2 2】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

【図 2 3】

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 2 4】**

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 2 5】**

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 2 6】**

本発明に従うさらに他の実施例の光導波路を示す断面図。

**【図 2 7】**

光送受信モジュールを用いた光伝送系を示す斜視図。

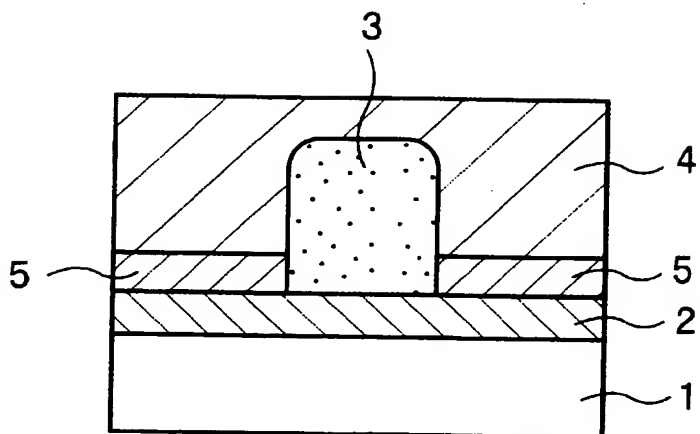
**【符号の説明】**

- 1…基板
- 2…下部クラッド層
- 3…コア層
- 4…上部クラッド層
- 5…応力緩和層
- 6…炭素粒子
- 7…保護層
- 8…溝
- 9…上部基板
- 10…型
- 11…ダイシングソー
- 12…マスク
- 13, 14, 15…型
- 16…光ファイバー
- 17…半透明スクリーン
- 18…レーザ光
- 20, 23…光送受信モジュール
- 21, 24…レーザダイオード
- 22, 25…フォトダイオード
- 26…光ファイバー

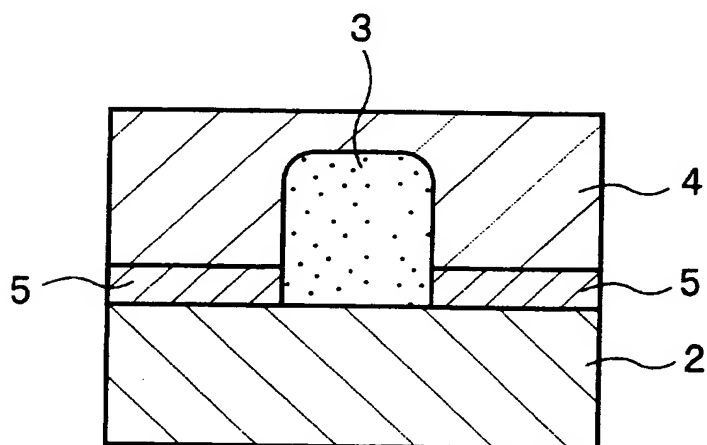
2 7, 2 8 … Y 分岐光導波路

【書類名】 図面

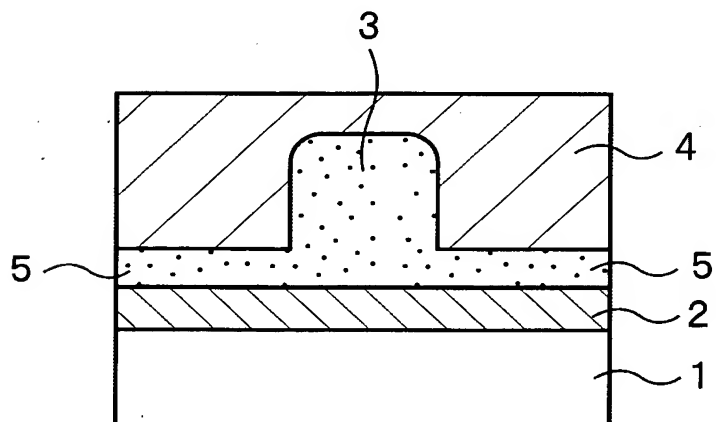
【図 1】



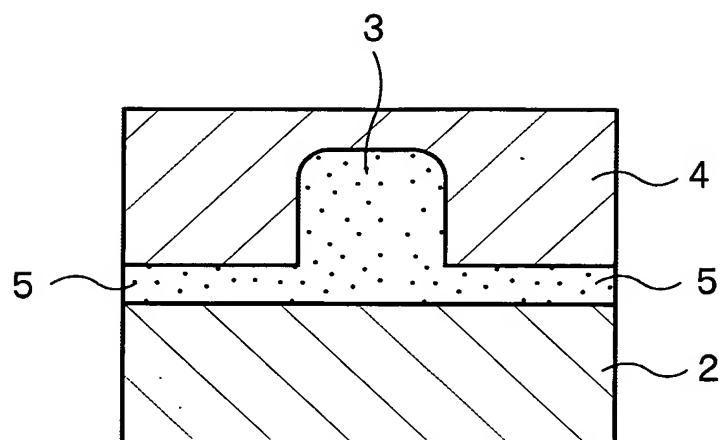
【図 2】



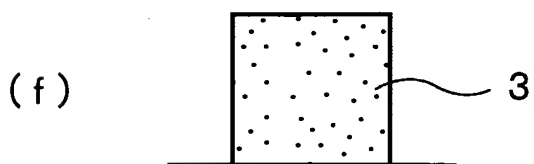
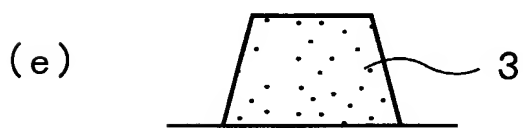
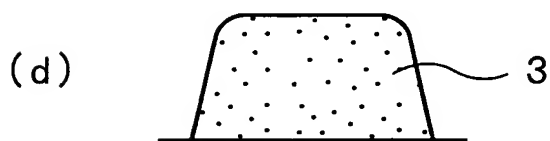
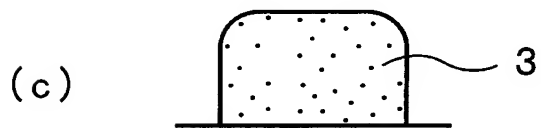
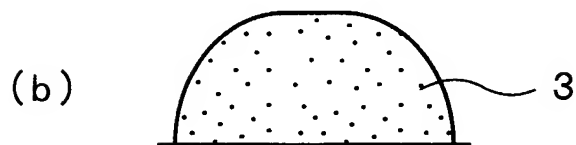
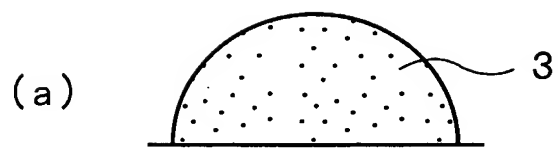
【図 3】



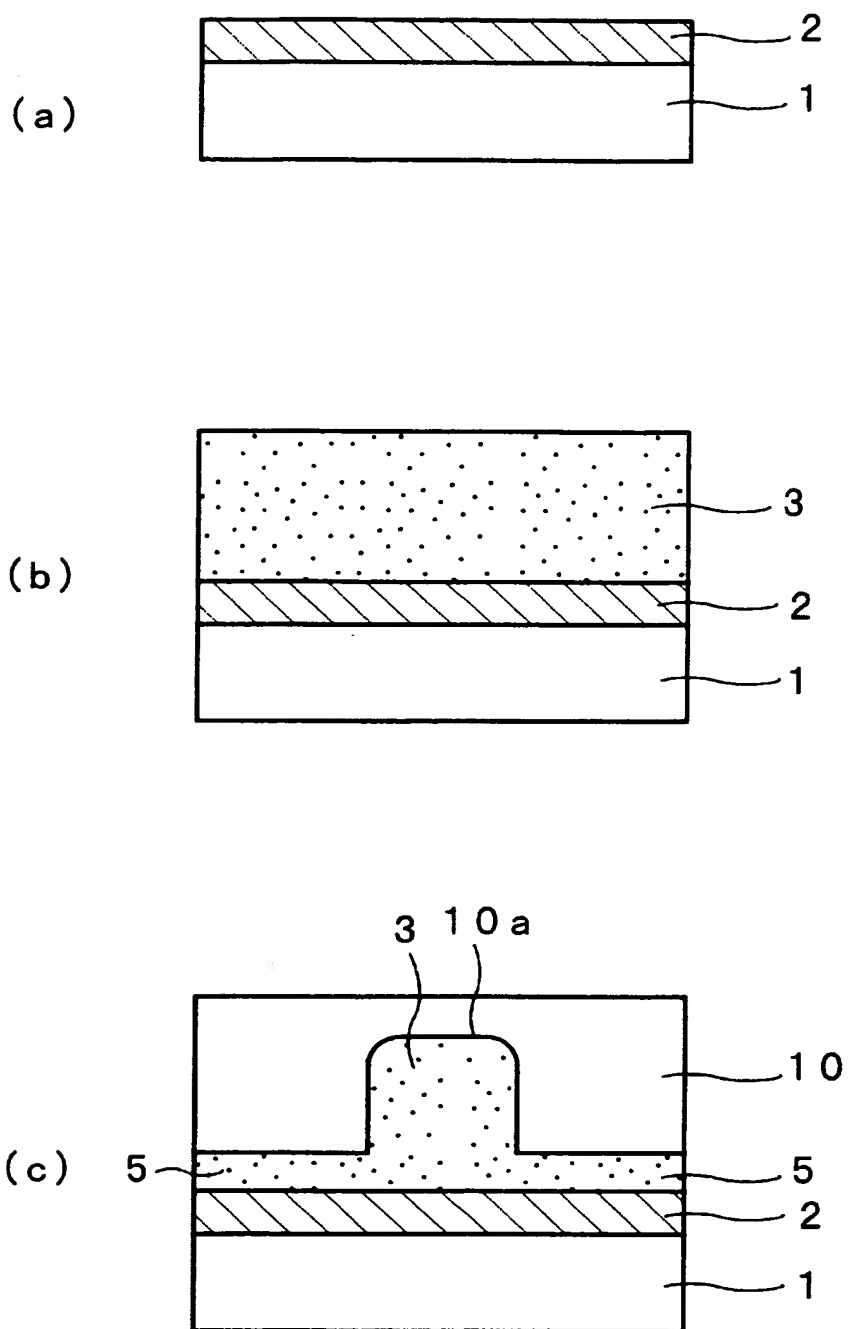
【図 4】



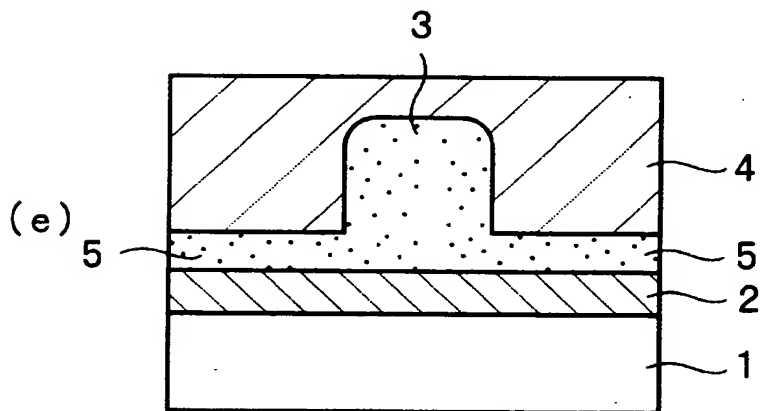
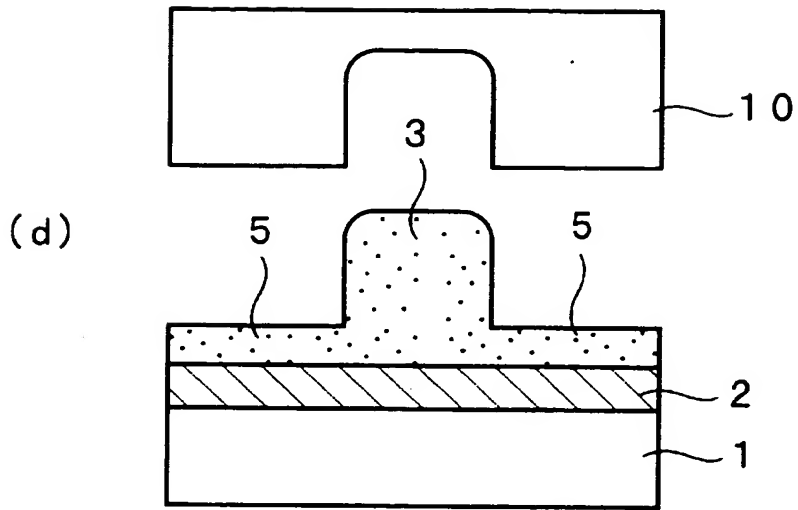
【図 5】



【図 6】

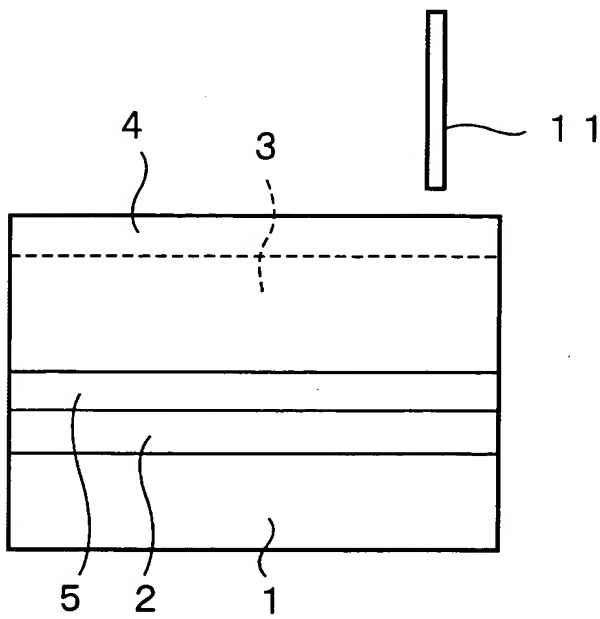


【図 7】

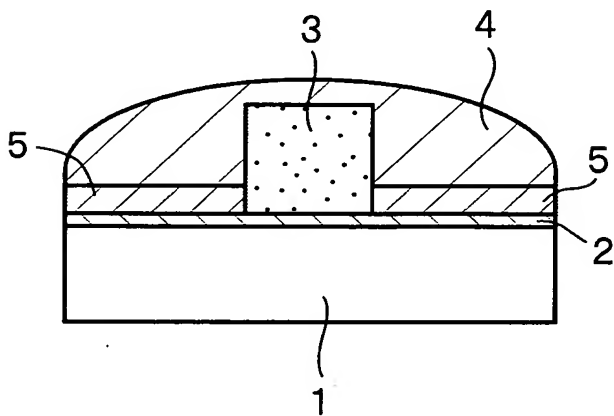




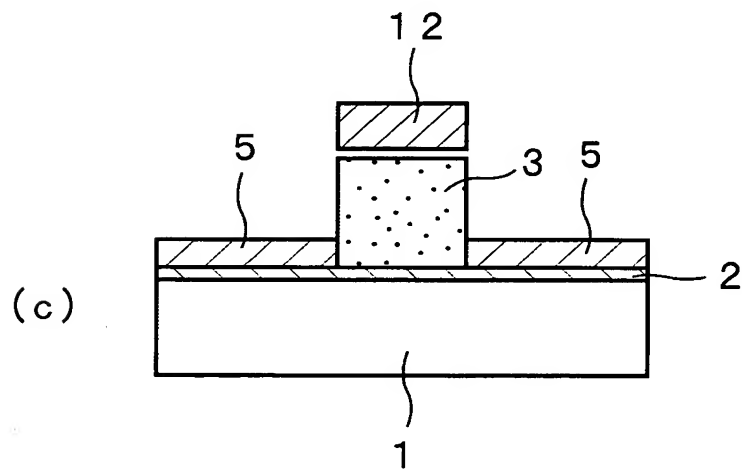
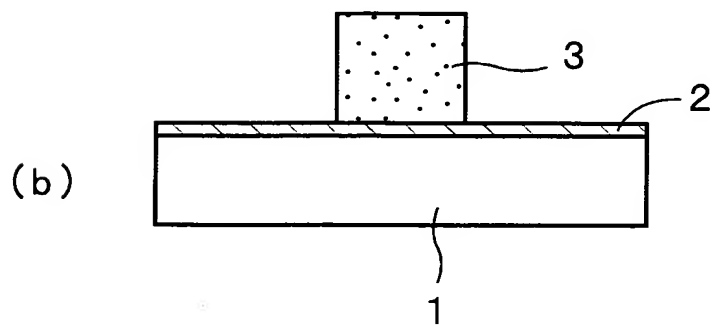
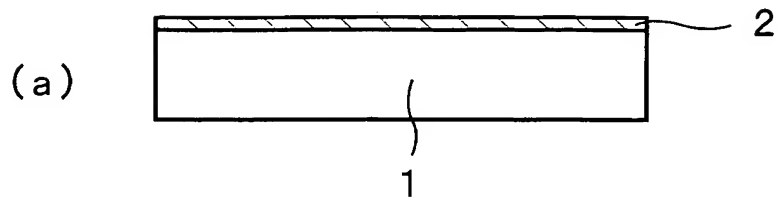
【図 8】



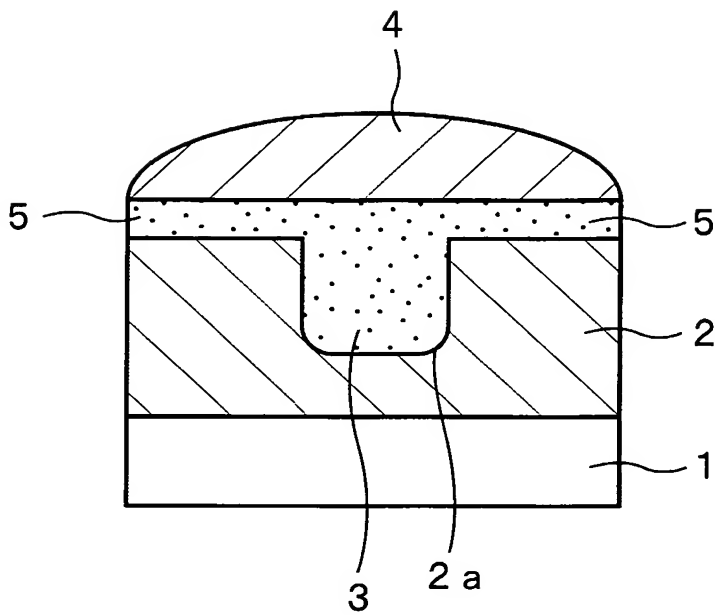
【図 9】



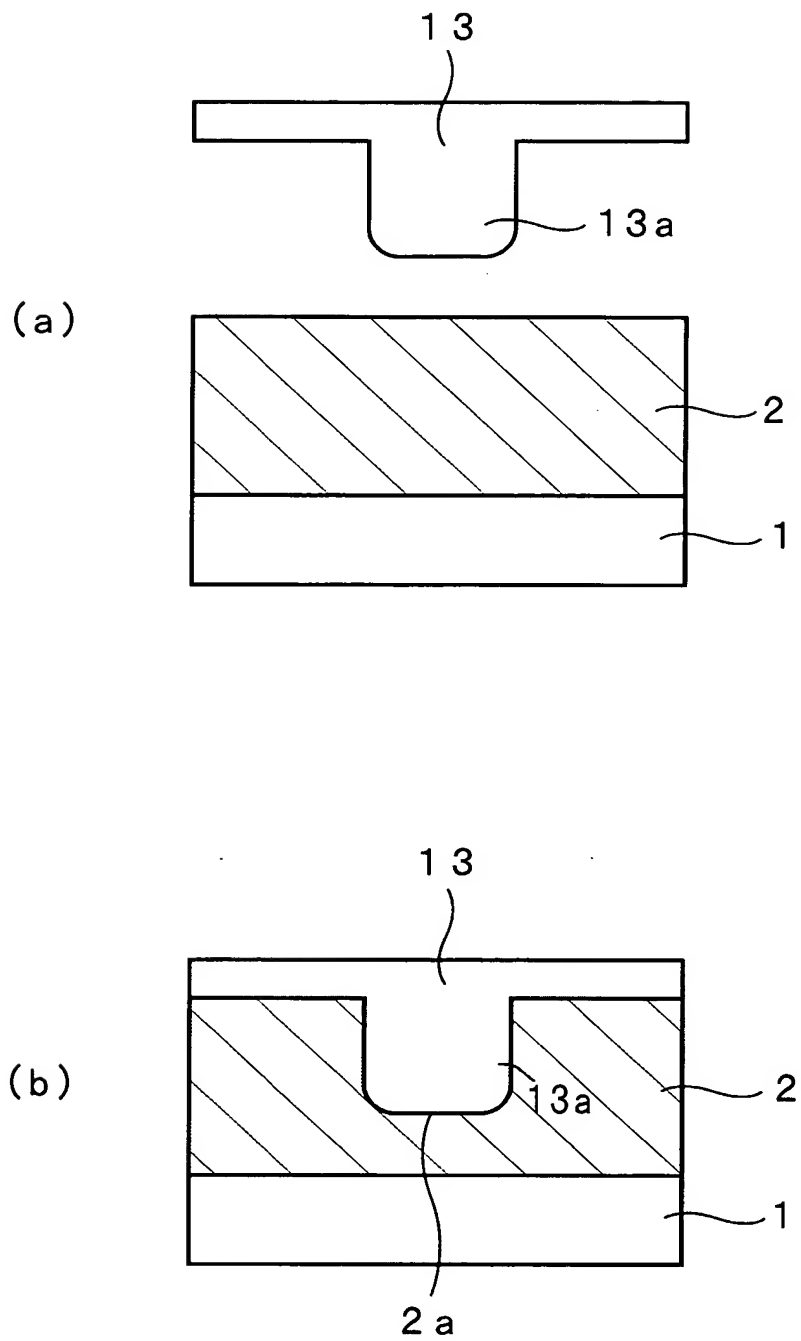
【図 10】



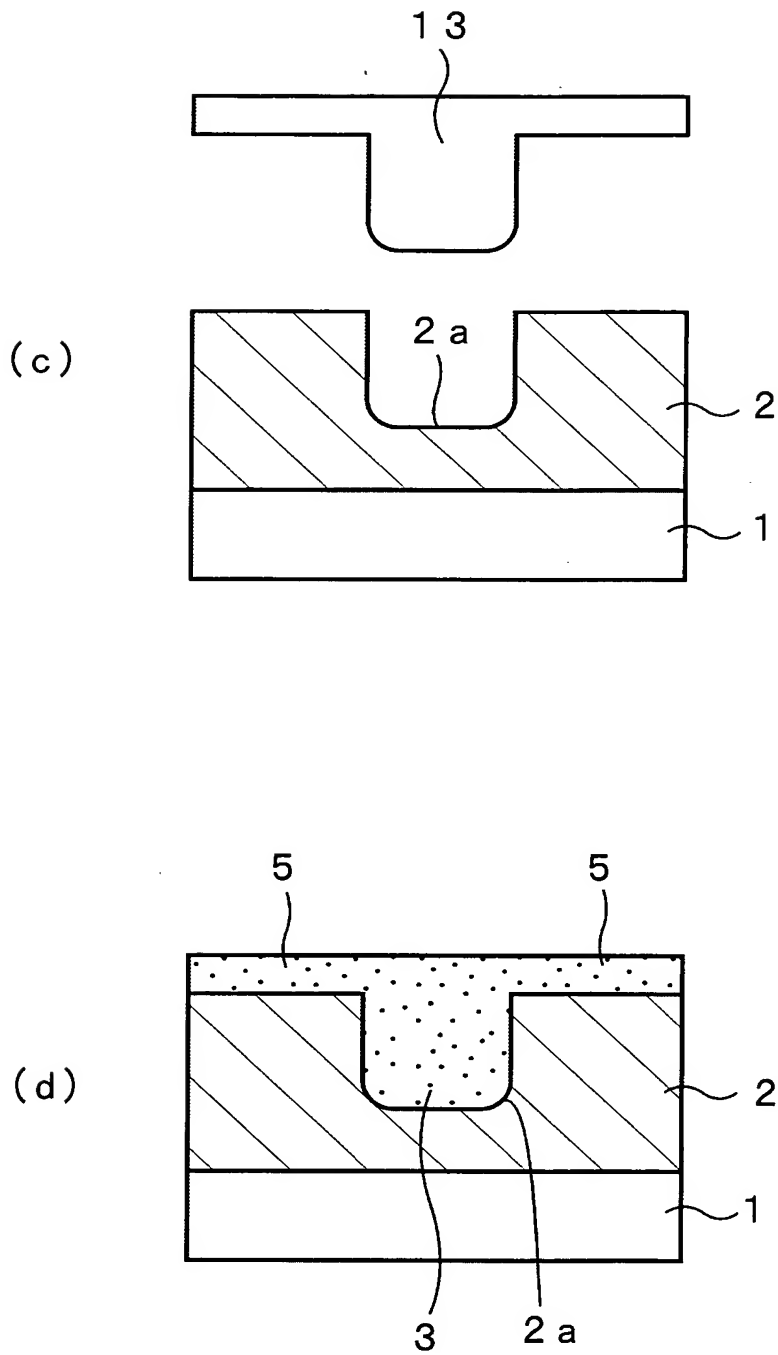
【図 11】



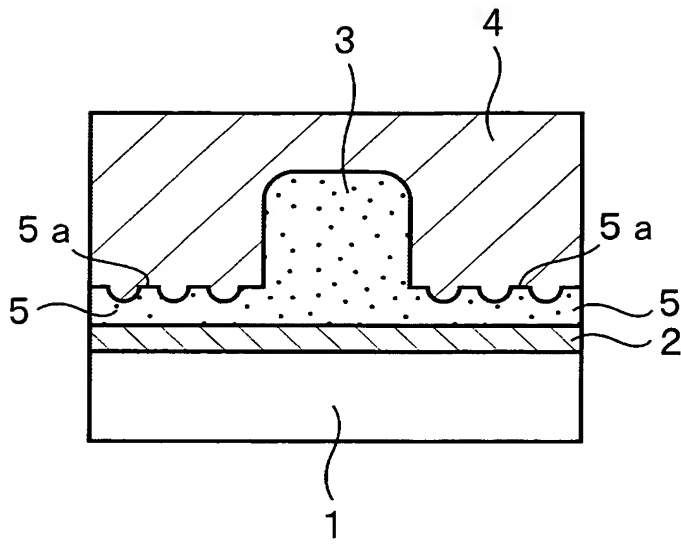
【図 12】



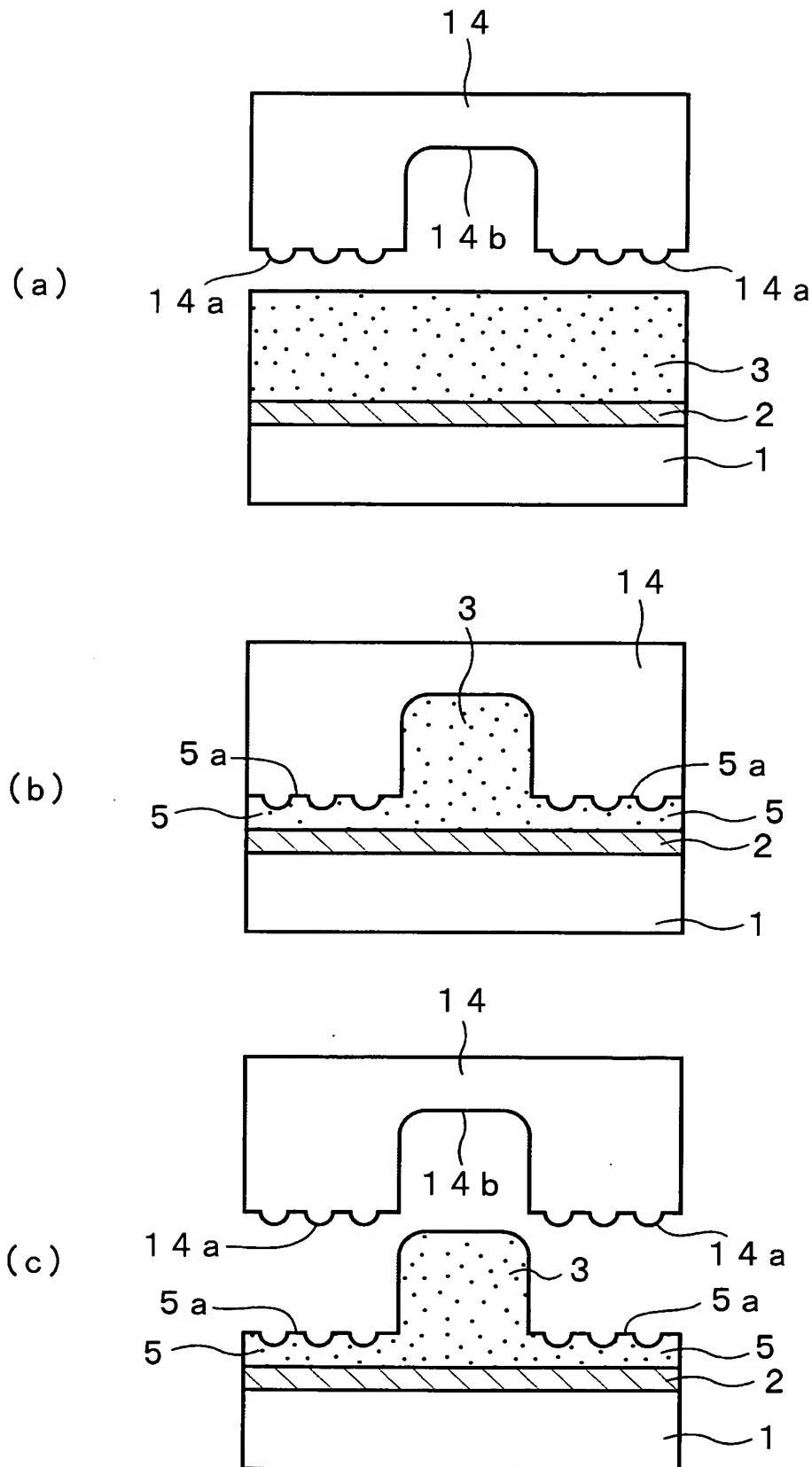
【図 13】



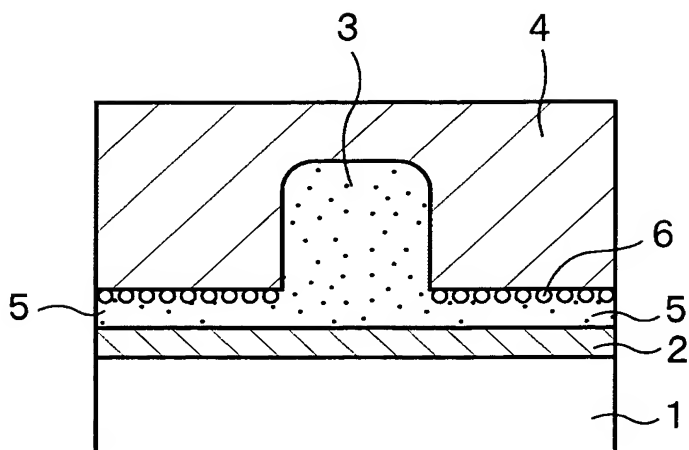
【図 14】



【図 15】

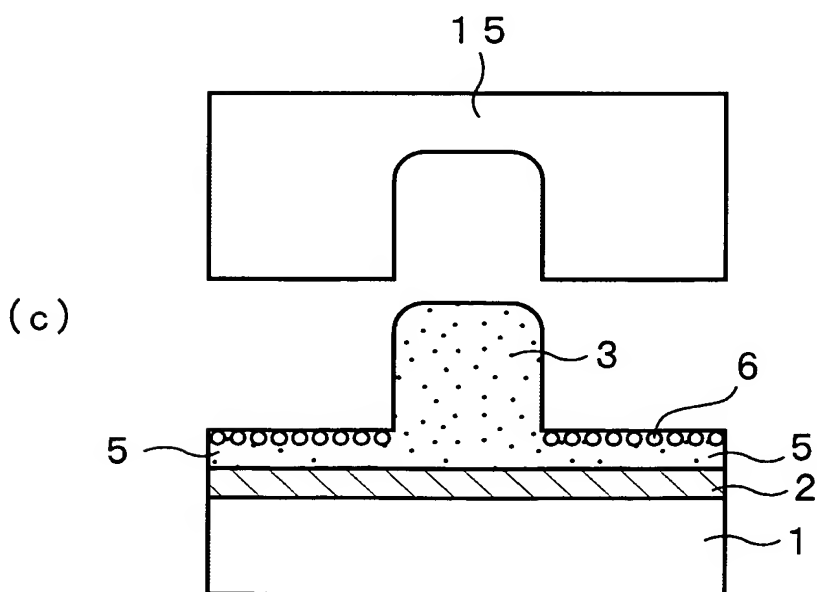
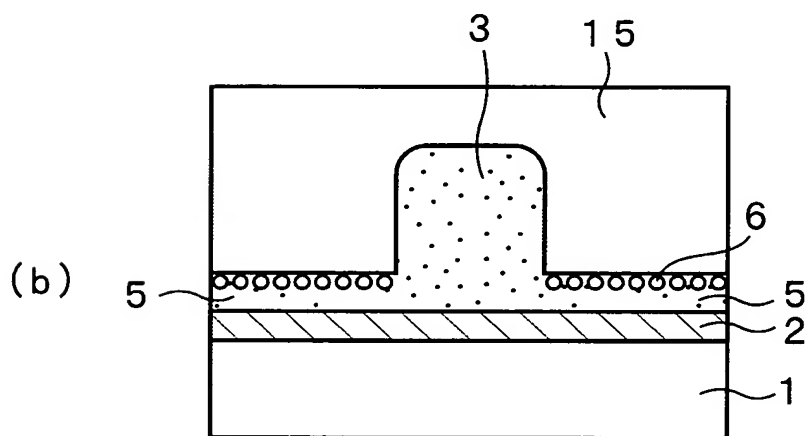
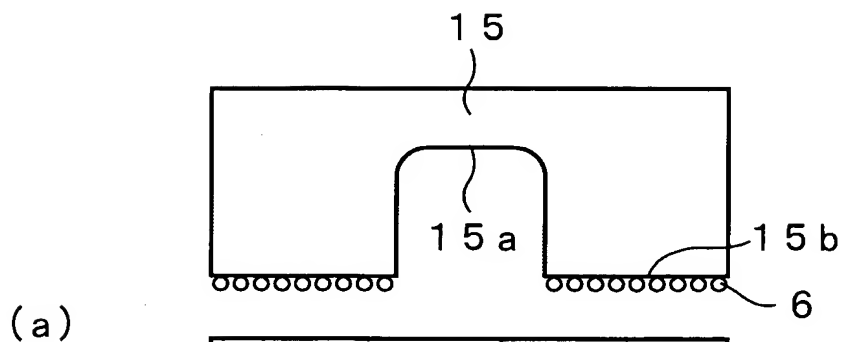


【図 16】

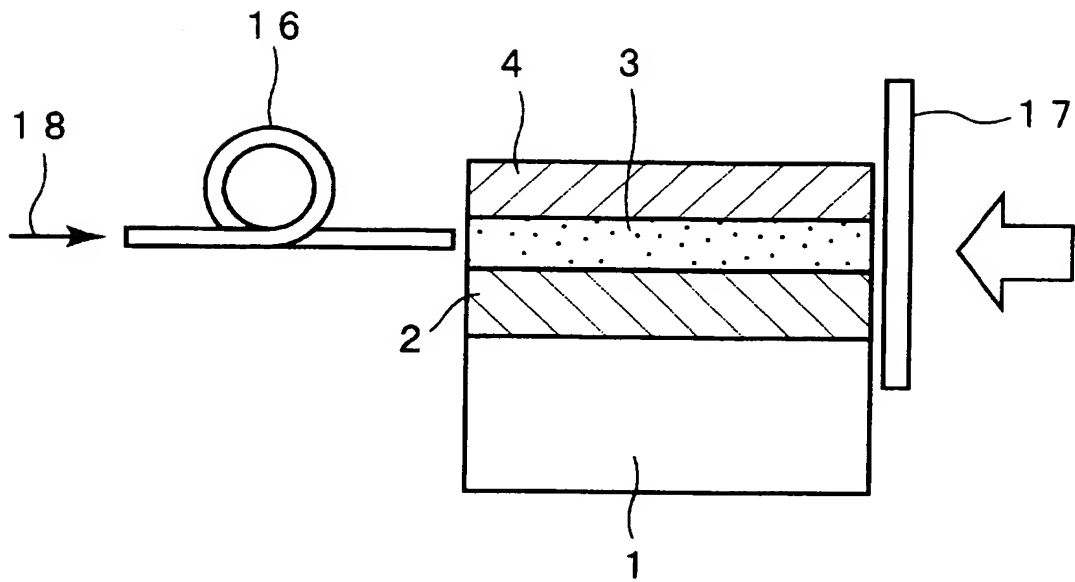


【図 17】

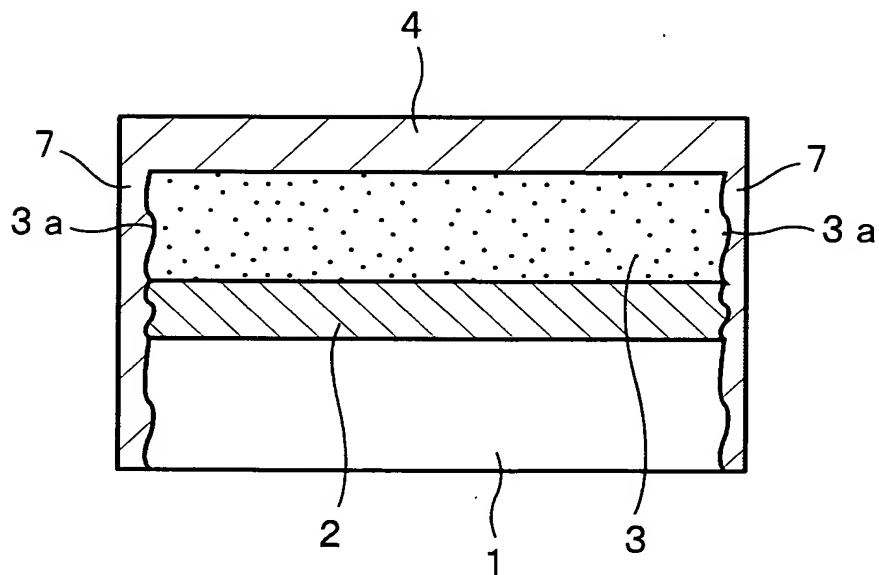




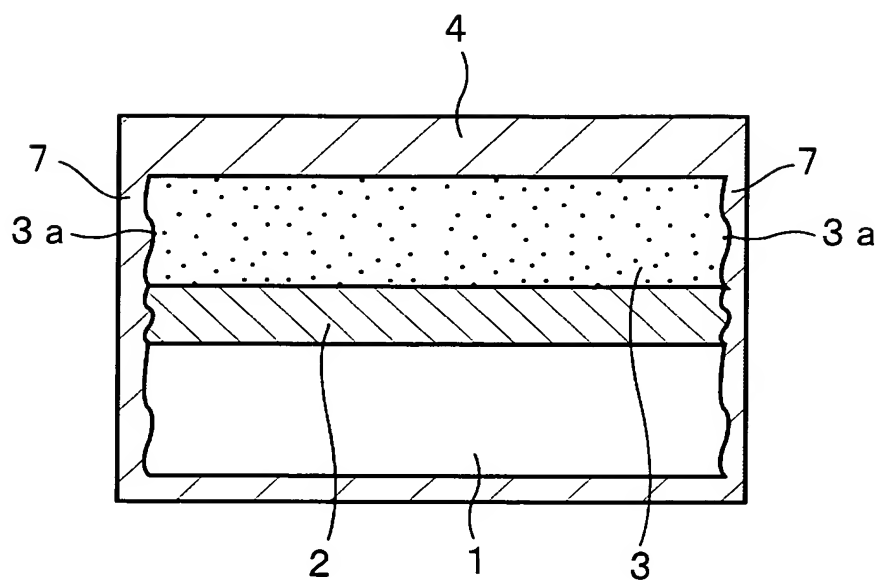
【図 18】



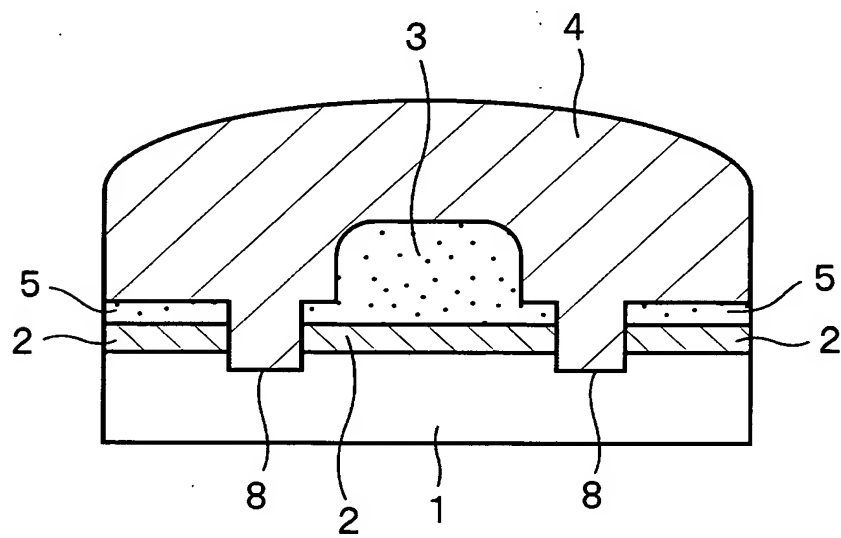
【図 19】



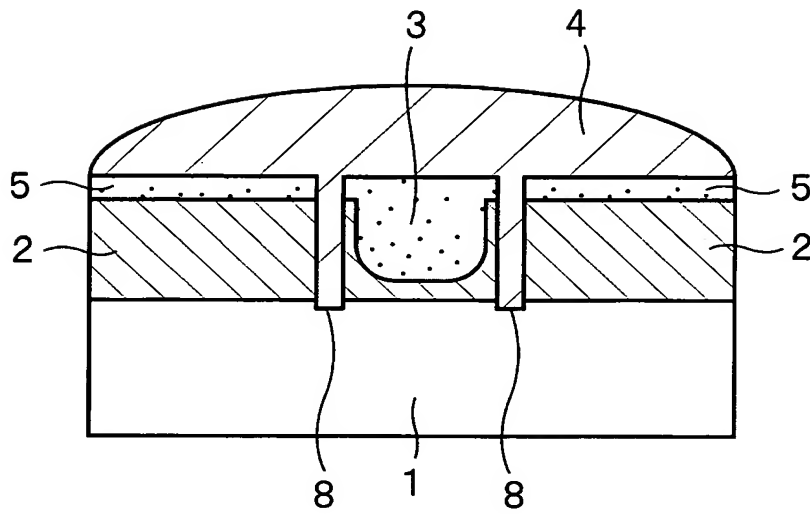
【図 20】



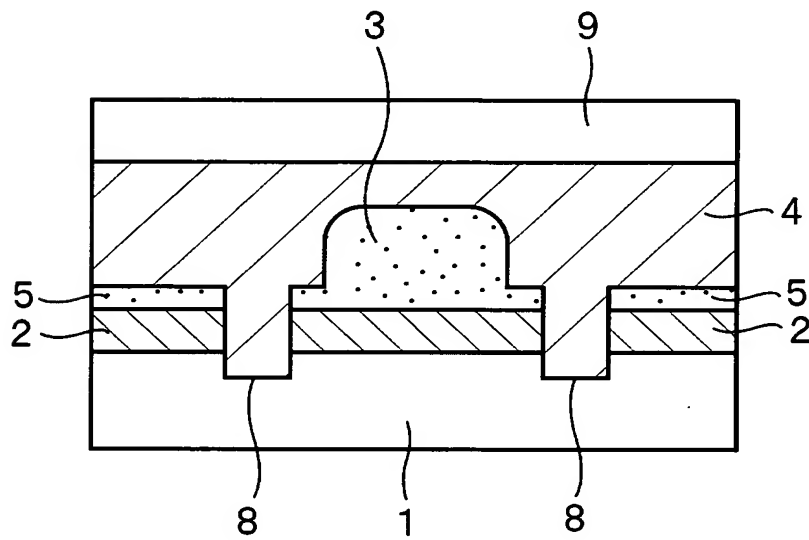
【図 21】



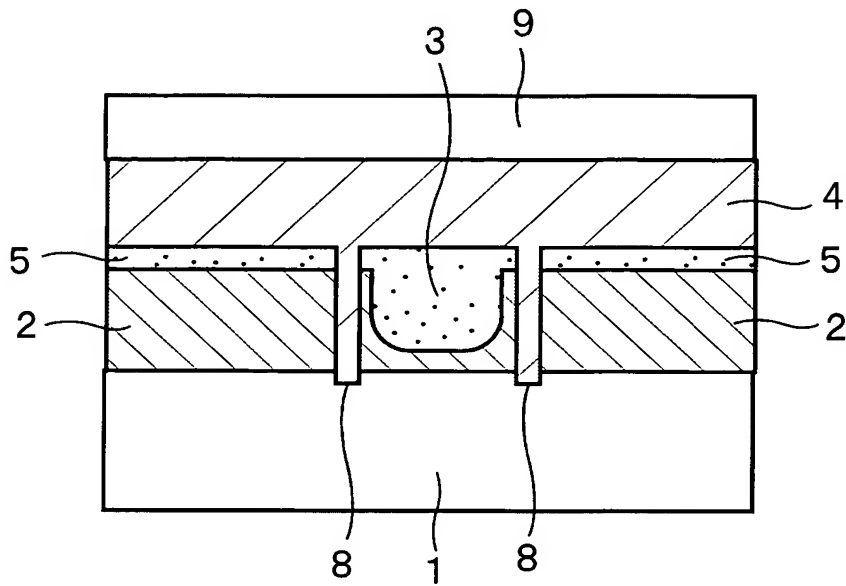
【図 2 2】



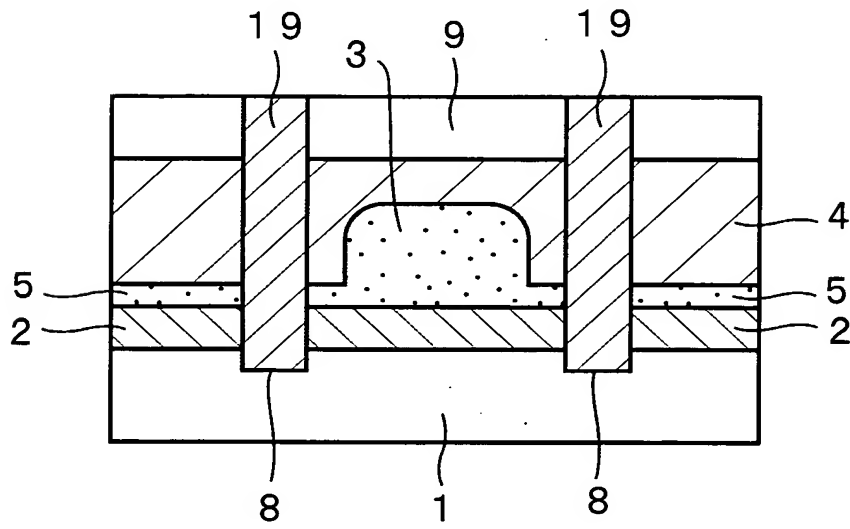
【図 2 3】



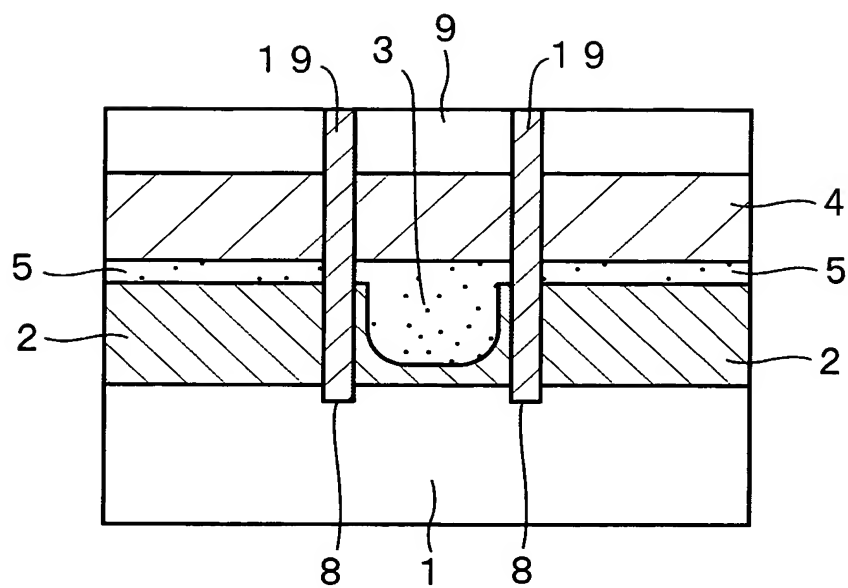
【図 2 4】



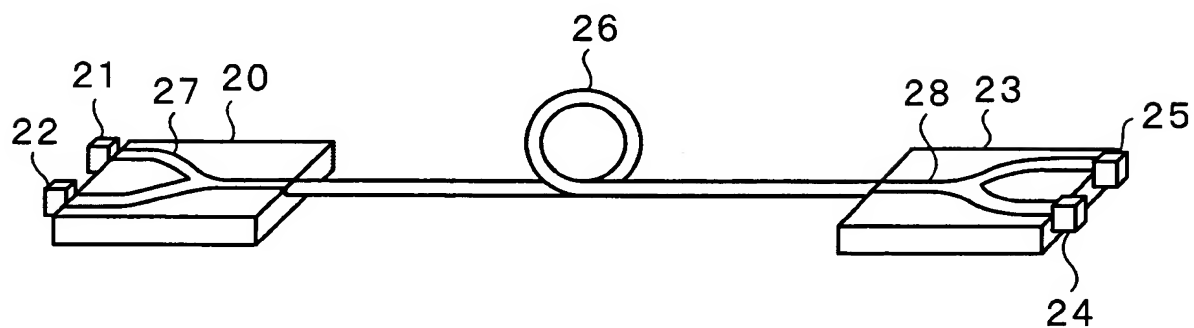
【図 2 5】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光伝搬領域となるコア層 3 と、該コア層 3 の周囲を覆う上部クラッド層 4 及び下部クラッド層 2 とを備え、上部クラッド層 4 が体積の収縮を伴って形成される光導波路において、下部クラッド層 2 及び上部クラッド層 4 におけるクラックや剥離の発生を有効に防止する。

【解決手段】 上部クラッド層 4 と下部クラッド層 2 が接する領域の少なくとも一部において、上部クラッド層 4 と下部クラッド層 2 の間に、上部クラッド層 4 より貯蔵弾性率が小さい材料からなる応力緩和層 5 が設けられていることを特徴としている。

【選択図】 図 1

特願 2003-065888 .

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日	1993年10月20日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名	三洋電機株式会社